



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenl gungsschrift
⑩ DE 41 24 542 A 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
G01 M 19/00
// G01M 15/00

②1 Aktenzeichen: P 41 24 542.3
②2 Anmeldetag: 24. 7. 91
④3 Offenlegungstag: 6. 2. 92

DE 41 24 542 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
24.07.90 JP 2-198273

⑦1 Anmelder:
Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

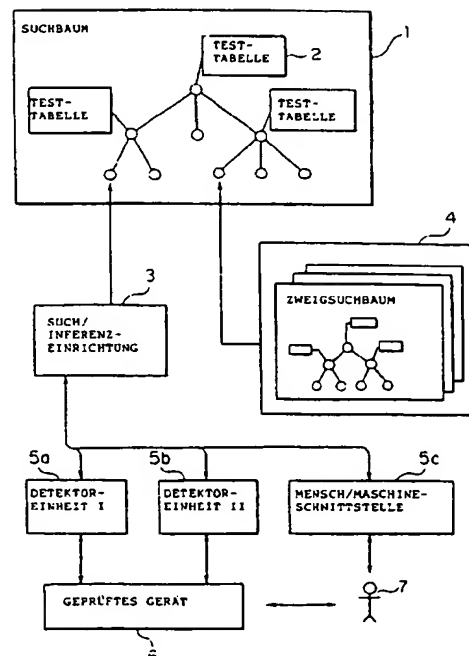
⑦4 Vertreter:
Popp, E., Dipl.-Ing.Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.rer.pol.;
Sajda, W., Dipl.-Phys.; Reinländer, C., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing.; Bohnenberger, J., Dipl.-Ing.Dr.phil.nat.,
8000 München; Bolte, E., Dipl.-Ing.; Möller, F.,
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 2800 Bremen

⑦2 Erfinder:
Hori, Satoshi; Omori, Teruyo, Amagasaki, Hyogo,
JP; Sakagami, Makoto, Nogoya, Aichi, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Fehl rdiagnoseeinrichtung

⑤7 Eine Fehlerdiagnoseeinrichtung sucht nach Fehlerursachen eines geprüften Gerätes (6) über einen Suchbaum, dessen Suchbaumstruktur der Hardware-Organisation des geprüften Gerätes entspricht, wobei die Knoten des Suchbaumes den Untereinheiten des geprüften Gerätes entsprechen. Einige der Knoten einschließlich des Grundknotens haben drei oder mehr Tochterknoten. Eine Testtabelle (2), die jedem Knoten mit Ausnahme eines Blattes zugeordnet ist, umfaßt: eine Beschreibung von Parametern, die von Detektiereinheiten zu detektieren sind; Testbedingungen in bezug auf die von den Detektiereinheiten zu detektierenden Parameter; und eine Fehlerwahrscheinlichkeitstabelle, die die Fehlerwahrscheinlichkeitswerte und die Namen der Tochterknoten bezeichnet, die den jeweiligen Resultatmustern der Tests entsprechen. Der gesamte Suchbaum kann in einen in einem Hauptspeicher (1) gespeicherten Hauptsuchbaum und in in einem Hilfsspeicher (4) gespeicherte Zweigsuchbäume unterteilt sein. Die Zweigsuchbäume werden dann nach Bedarf in den Hauptspeicher (1) geladen.



DE 41 24 542 A 1

Die Erfindung betrifft eine Fehlerdiagnoseeinrichtung, die Fehler von verschiedenen Geräten und Vorrichtungen wie Industriemaschinen oder Systemen solcher Vorrichtungen usw. diagnostiziert.

Eine konventionelle Fehlerdiagnoseeinrichtung ist beispielsweise von R. Cantone, "Diagnostic Reasoning With IN-ATETM", Proceedings of A. I. '87 Conference, April. 1987, angegeben. Die Diagnose mit einer solchen Fehlerdiagnoseeinrichtung erfolgt nach Maßgabe des binären Suchbaums von Fig. 5. Dabei wird zuerst ein Test t7 16 am Grundknoten des Suchbaums durchgeführt, und dabei wird das Resultat wahr (t) oder unwahr (f) erhalten. Wenn das Resultat unwahr (f) ist, wird ein Test t1 17 durchgeführt. Wenn das Resultat beim Test t1 17 unwahr (f) ist, wird auf einen Eingabefehler 18 eines UUT bzw. geprüften Geräts geschlossen. Wenn das Resultat beim Test t1 17 wahr (t) ist, wird der Test t3 19 durchgeführt, um mit der Diagnose fortzufahren.

Die obige konventionelle Fehlerdiagnoseeinrichtung führt die Diagnose über einen binären Suchbaum durch, so daß die beiden folgenden Nachteile auftreten.

Erstens können nicht gleichzeitig zwei oder mehr Tests durchgeführt und die erhaltenen Beobachtungsdaten miteinander verglichen werden, um so eine Fehlerursache aus drei oder mehr Fehlerursachen zu bestimmen oder aus einer Zwischenhypothese auf Fehlerursachen zu schließen.

Wenn die geprüften Geräte kompliziert sind, wird zweitens der binäre Suchbaum dafür groß und kompliziert. Daher wird die Erstellung des Suchbaums schwierig. Wenn ferner nicht der gesamte Suchbaum in den Hauptspeicher eines Rechners geladen werden kann, wird die Ausführung der Diagnose extrem langsam oder sogar unmöglich.

Aufgabe der Erfindung ist daher die Bereitstellung einer Fehlerdiagnoseeinrichtung, die gleichzeitig zwei oder mehr Tests durchführen kann und über die Resultate dieser Tests eine Fehlerursache aus drei oder mehr Fehlerursachen bestimmen kann. Ferner soll dabei eine Fehlerdiagnoseeinrichtung bereitgestellt werden, die eine Großdiagnose mit hohem Wirkungsgrad durchführen kann.

Die genannte Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch eine Fehlerdiagnoseeinrichtung, die aufweist: eine Detektiereinrichtung, die Parameter eines geprüften Gerätes detektiert; eine Speichereinrichtung; einen in der Speichereinrichtung gespeicherten Suchbaum, der jeweiligen Untereinheiten des geprüften Geräts entsprechende Knoten hat, so daß der Suchbaum eine Struktur hat, die der Hardware-Organisation des geprüften Gerätes entspricht; in der Speichereinrichtung gespeicherte und jeweiligen Knoten des Suchbaums zugeordnete Testtabellen, die jeweils aufweisen: eine Beschreibung wenigstens eines von der Detektiereinrichtung zu detektierenden Parameters, wenigstens eine Testbedingung in bezug auf den von der Detektiereinrichtung detektierten Parameter, und eine Fehlerwahrscheinlichkeitstabelle, die Fehlerwahrscheinlichkeiten und Namen von Tochterknoten, die jeweiligen Resultaten der Testbedingung entsprechen, enthält; und eine Such/Inferenzeinrichtung, die nach Maßgabe des Suchbaums und der Testtabellen nach einer Fehlerursache des geprüften Geräts sucht und sie bestimmt; wobei wenigstens einer der Knoten wenigstens drei Tochterknoten hat und die dem Knoten mit wenigstens drei Tochterknoten zugeordnete Testtabelle aufweist: eine

Beschreibung von wenigstens zwei Parametern, die von der Detektiereinrichtung zu detektieren sind; wenigstens zwei Testbedingungen in bezug auf die von der Detektiereinrichtung detektierten beiden Parameter; und eine Fehlerwahrscheinlichkeitstabelle, die Fehlerwahrscheinlichkeiten und Namen von Tochterknoten bezeichnet, die jeweiligen Resultatmustern der Testbedingungen entsprechen.

Bevorzugt hat der Grundknoten des Suchbaums wenigstens drei Tochterknoten. Außerdem ist es bevorzugt, daß die Speichereinrichtung einen Hauptspeicher und einen Hilfsspeicher umfaßt und daß der Suchbaum in einen Hauptsuchbaum, der im Hauptspeicher gespeichert ist, und Zweigsuchbäume, die im Hilfsspeicher gespeichert sind, unterteilt ist, wobei die Such/Inferenzeinrichtung erforderlichenfalls einen Zweigsuchbaum in den Hauptspeicher lädt.

Die Erfindung wird nachstehend auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in:

Fig. 1 ein Blockschaltbild, das die Organisation einer Fehlerdiagnoseeinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt;

Fig. 2 ein Flußdiagramm, das den von der Fehlerdiagnoseeinrichtung nach Fig. 1 angewandten Diagnoseablauf zeigt;

Fig. 3 im einzelnen die Organisation des Hauptsuchbaums und eines Zweigsuchbaums, die in den Hauptspeicher der Fehlerdiagnoseeinrichtung von Fig. 1 geladen sind;

Fig. 4 Einzelheiten der Testtabelle am Grundknoten des Suchbaums von Fig. 3; und

Fig. 5 ein Diagramm, das den Suchbaum zeigt, mit dem eine konventionelle Fehlerdiagnoseeinrichtung nach der Fehlerursache eines geprüften Geräts sucht und sie bestimmt.

In den Zeichnungen sind gleiche oder entsprechende Teile jeweils mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Nachstehend wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Einrichtung beschrieben.

Das Blockschaltbild von Fig. 1 zeigt die Organisation des Ausführungsbeispiels der Fehlerdiagnoseeinrichtung. Diese kann durch einen Rechner und periphere Einrichtungen implementiert sein. In dem Hochgeschwindigkeits-Hauptspeicher 1 des Rechners ist ein Hauptsuchbaum gespeichert, mit dem die Fehlerursachen gesucht werden, um die Diagnose des geprüften Geräts 6 durchzuführen. Im Hauptspeicher 1 sind ferner jeweiligen Knoten zugeordnete Testtabellen gespeichert. Jeder Knoten entspricht einer Hardware-Untereinheit des geprüften Gerätes 6, und an jedem Knoten des Suchbaums ist der Knotenname gespeichert, der die entsprechende Untereinheit des geprüften Gerätes 6 bezeichnet. Wie noch beschrieben wird, sind ferner an jedem Knoten die Fehlerwahrscheinlichkeiten der den Knoten jeweils zugeordneten Untereinheiten des geprüften Gerätes 6 und erforderlichenfalls der Name des Zweigsuchbaums, der mit dem im Hauptspeicher 1 gespeicherten Hauptsuchbaum zu verbinden ist, gespeichert. Diese Zweigsuchbäume sind in einem Hilfsspeicher 4 gespeichert und werden nach Bedarf in den Hauptspeicher 1 geladen.

Eine Such/Inferenzeinrichtung 3, die durch ein Programm implementiert sein kann, sucht nach den Fehlerursachen über den in den Hauptspeicher 1 geladenen Suchbaum. Detektiereinrichtungen wie etwa eine De-

tektiereinheit I 5a und eine Detektiereinheit II 5b in Fig. 1 detektieren die Zustände (d. h. die Parameter) wie Spannungen, Ströme, Temperaturen und Fehlercodes des geprüften Gerätes 6. Eine Mensch-Maschine-Schnittstelle 5c fordert von einem Analytiker 7 eine Eingabe des Fehlerzustands an oder erteilt ihm Reparaturanweisungen.

Das Flußdiagramm von Fig. 2 zeigt den Diagnoseablauf, der von der Fehlerdiagnoseeinrichtung von Fig. 1 angewandt wird, und Fig. 3 zeigt im einzelnen die Organisation des Hauptsuchbaums und eines Zweigsuchbaums, der in den Hauptspeicher der Fehlerdiagnoseeinrichtung von Fig. 1 geladen ist. Fig. 4 zeigt die Einzelheiten der Testtabelle am Grundknoten des Suchbaums von Fig. 3.

Nach Fig. 3 hat der Grundknoten 8 drei Tochterknoten, und zwar einen Gaseinheitsknoten 9a, einen Alarmeinheitsknoten 9b und einen Kesseleinheitsknoten 9c, die den Untereinheiten, also der Gas-, der Alarm- und der Kesseleinheit des geprüften Gerätes 6 entsprechen. Ein im Hilfsspeicher 4 gespeicherter Zweigsuchbaum, der einen Grundknoten 14 und zwei Tochterknoten, nämlich einen Ventilknoten 14a und einen Pumpenknoten 14b, hat, ist in den Hauptspeicher 1 geladen, um mit dem Gaseinheitsknoten 9a gekoppelt zu werden und dadurch den Hauptsuchbaum von dem Gaseinheitsknoten 9a aus fortzusetzen. Andererseits sind die beiden Tochterknoten, nämlich der Tochterknoten 9d für den Sensor 1 und der Tochterknoten 9e für den Sensor 2, des Alarmeinheitsknotens 9b von anfang an im Hauptspeicher 1 gespeichert. Ein weiterer Zweigsuchbaum (nicht gezeigt), der mit dem Kesseleinheitsknoten 9c zur Bildung eines integralen Teils des davon ausgehenden Suchbaums zu verbinden ist, wird erforderlichenfalls in den Hauptspeicher 1 geladen. Eine Testtabelle ist jedem Tochterknoten aufweisenden Knoten zugeordnet. So sind dem Grundknoten 8 bzw. dem Alarmeinheitsknoten 9b des Hauptsuchbaums eine Testtabelle 2 bzw. eine Testtabelle 2a zugeordnet. Dem Grundknoten 14 des mit dem Gaseinheitsknoten 9a zu koppelnden und damit zu identifizierenden Zweigsuchbaums ist eine Testtabelle 15 zugeordnet.

Die Diagnose wird gemäß dem Ablauf von Fig. 2 durchgeführt.

In Schritt S1 wird von der Such/Inferenz-Einheit 3 die Testtabelle 2 am Grundknoten 8 des Hauptsuchbaums ausgewählt. Fig. 4 zeigt die Einzelheiten der Testtabelle am Grundknoten des Suchbaums von Fig. 3. In der ersten Spalte einer Detektiertabelle 10 sind Namen von Detektoreinheiten TEMP1 und TEMP2 gespeichert, die im vorliegenden Fall entsprechende Temperaturen in dem geprüften Gerät 6 detektieren. Wenn die Such/Inferenzeinrichtung 3 diese Testtabelle 2 in Schritt S1 auswählt, werden die in der Detektiertabelle 10 gespeicherten Detektoreinheiten aktiviert, und die in der zweiten Spalte der Detektiertabelle 10 gespeicherten Befehlsparameter werden zu den jeweiligen Detektoreinheiten übertragen. Daraufhin detektieren die Detektoreinheiten die den Befehlen entsprechenden Werte. Die Werte oder Parameter, und zwar 120° bzw. 60°, die von den jeweiligen Detektoreinheiten detektiert werden, werden in der dritten Spalte der Detektiertabelle 10 gespeichert.

Eine Beurteilungstabelle 11 der Testtabelle 2 enthält eine Vielzahl von Beurteilungs- oder Testbedingungen in bezug auf die detektierten Parameter. In dem in Fig. 4 gezeigten Fall sind in der ersten und der zweiten Zeile zwei Beurteilungs- bzw. Testbedingungen a und b ge-

speichert. Die Such/Inferenzeinrichtung 3 beurteilt, ob die Bedingungen in den jeweiligen Zeilen a und b erfüllt sind, und speichert das Beurteilungsergebnis, nämlich wahr (t) oder unwahr (f), in der letzten Spalte der Beurteilungstabelle 11. In dem in Fig. 4 gezeigten Fall ist das Resultat für die erste Bedingung a wahr (t) und für die Bedingung b unwahr (f).

Eine Fehlerwahrscheinlichkeitstabelle 12 der Testtabelle 2 speichert die Fehlerwahrscheinlichkeitswerte und die Namen der Tochterknoten, die den in der Beurteilungstabelle 11 gespeicherten Beurteilungsergebnissen zugeordnet sind. In dem Fall von Fig. 4 entspricht die erste Zeile dem Resultatmuster wahr (t) für die Bedingung a und unwahr (f) für die Bedingung b. Dabei ist dann die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Fehlers in der Gaseinheit (durch den Tochterknotenamen in der letzten Spalte bezeichnet) 0,8, während die normale Wahrscheinlichkeit 0 ist. Die ungewisse Wahrscheinlichkeit ist 0,2. In gleicher Weise entspricht die zweite Zeile dem Resultatmuster unwahr (f) für die Bedingung a und wahr (t) für die Bedingung b. Dabei ist dann die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Fehlers der Alarmeinheit 0,6, während die normale Wahrscheinlichkeit 0 ist. Die ungewisse Wahrscheinlichkeit ist 0,4. Die dritte Zeile (die mit "sonstige" bezeichnet ist) entspricht den übrigen Resultatmustern, bei denen die normale Wahrscheinlichkeit 1 ist.

Somit liest die Such/Inferenzeinrichtung 3 die Wahrscheinlichkeiten und den Namen des Tochterknotens aus, der dem Beurteilungsergebnismuster entspricht, das in der Beurteilungstabelle 11 gespeichert ist. Wenn beispielsweise die Resultate der Beurteilungstabelle 1 von Fig. 4 entsprechen, wird von der Such/Inferenzeinrichtung 3 aus den drei Zeilen die erste Zeile der Fehlerwahrscheinlichkeitstabelle 12 ausgewählt. Damit wird die dem Gaseinheitsknoten 9a zugeordnete Fehlerwahrscheinlichkeit von 0,8 ausgelesen. Damit ist Schritt S1 beendet.

In Schritt S2 wird die in Schritt S1 ausgelesene Fehlerwahrscheinlichkeit im Fehlerwahrscheinlichkeitskästchen des Tochterknotens gespeichert, der von der ausgewählten Zeile der Fehlerwahrscheinlichkeitstabelle 12 der Testtabelle 2 bezeichnet ist. Die Fehlerwahrscheinlichkeitskästchen der jeweiligen Knoten sind im Hauptspeicher 1 gespeichert.

In Schritt S3 wird abgefragt, ob die Fehlerwahrscheinlichkeit des betreffenden Knotens (des Gaseinheitsknotens 9a in dem Fall, dessen Testresultate den in Fig. 4 gezeigten Resultaten entsprechen) einen vorbestimmten Grenzwert übersteigt und ob der betreffende Knoten ein Blatt ist (d. h. ein unterster Knoten, der weder eigene Tochterknoten noch einen damit zu verbindenden Zweigsuchbaum hat). Wenn die Fehlerwahrscheinlichkeit den Grenzwert übersteigt und der betreffende Knoten ein Blatt ist, bestimmt die Such/Inferenzeinrichtung 3, daß die durch den Knotennamen bezeichnete Einheit fehlerhaft ist, und beendet die Diagnose. Wenn dagegen der betreffende Knoten kein Blatt ist oder wenn die Fehlerwahrscheinlichkeit des Knotens unter dem Grenzwert liegt, geht der Ablauf der Diagnose zu Schritt S4 weiter.

In Schritt S4 wird abgefragt, ob die Fehlerwahrscheinlichkeit des betreffenden Knotens den vorbestimmten Grenzwert übersteigt und ob der betreffende Knoten einen damit zu koppelnden Zweigsuchbaum hat. Wenn die Fehlerwahrscheinlichkeit des Knotens den Grenzwert übersteigt und der Knoten einen Zweigsuchbaum hat, wird der Zweigsuchbaum in

Schritt S5 aus dem Hilfsspeicher 4 in den Hauptspeicher 1 geladen. In dem in Fig. 4 gezeigten Fall wird also der mit dem Gaseinheitsknoten 9a von Fig. 3 zu koppelnde Zweigsuchbaum in Schritt S5 in den Hauptspeicher 1 geladen. Dann werden in Schritt S1 die in der Testtabelle 15 am Grundknoten 14 des Zweigsuchbaums beschriebenen Tests ausgeführt. Es ist im übrigen zu beachten, obwohl nicht explizit in Fig. 2 gezeigt, daß dann, wenn die Fehlerwahrscheinlichkeit des betreffenden Knotens den Grenzwert übersteigt und der betreffende Knoten einen im Hauptspeicher 1 gespeicherten Tochterknoten hat, die in der Testtabelle an dem betreffenden Knoten beschriebenen Tests ausgeführt werden. Wenn beispielsweise der betreffende Knoten der Alarmeinheitsknoten 9b von Fig. 3 ist, werden die in der Testtabelle 2a beschriebenen Tests in ähnlicher Weise wie am Grundknoten 8, der unter Bezugnahme auf Fig. 4 bereits beschrieben wurde, ausgeführt.

Wenn die Fehlerwahrscheinlichkeit am betreffenden Knoten in Schritt S4 unter dem Grenzwert liegt, wird in Schritt S6 von der Such/Inferenzeinrichtung 3 ein Knoten des im Hauptspeicher 1 gespeicherten Suchbaums ausgewählt, in dessen Fehlerwahrscheinlichkeitskästchen eine maximale Fehlerwahrscheinlichkeit gespeichert ist. Im folgenden Schritt S7 wird der dem ausgewählten Knoten zugeordnete Test ausgeführt, und die Ausführung der Diagnose springt zu Schritt S2 zurück.

Bei dem obigen Ausführungsbeispiel ist der gesamte Suchbaum in einen im Hauptspeicher 1 gespeicherten Hauptsuchbaum und im Hilfsspeicher 4 gespeicherte Zweigsuchbäume unterteilt, so daß ein Zweigsuchbaum nach Bedarf in den Hauptspeicher 1 geladen wird. Es kann aber auch, um den maximalen Wirkungsgrad zu erzielen, der gesamte Suchbaum im Hauptspeicher 1 gespeichert sein. Außerdem kann die Such/Inferenzeinrichtung 3 auch durch Hardware anstatt durch ein Programm implementiert sein.

Patentansprüche

1. Fehlerdiagnoseeinrichtung zur Bestimmung einer Fehlerursache eines geprüften Gerätes, gekennzeichnet durch
 - eine Detektiereinrichtung (5a, 5b), die Parameter eines geprüften Gerätes (6) detektiert;
 - eine Speichereinrichtung (1, 4);
 - einen in der Speichereinrichtung gespeicherten Suchbaum mit Knoten, die jeweiligen Untereinheiten des geprüften Gerätes (6) entsprechen, so daß der Suchbaum eine der Hardware-Organisation des geprüften Gerätes entsprechende Suchbaumstruktur hat;
 - Testtabellen (2), die in der Speichereinrichtung (1) gespeichert und jeweiligen Knoten des Suchbaums zugeordnet sind, wobei jede Testtabelle aufweist:
 - eine Beschreibung von wenigstens einem von der Detektiereinrichtung zu detektierenden Parameter; wenigstens eine Testbedingung in bezug auf den von der Detektiereinrichtung detektierten Parameter; und eine Fehlerwahrscheinlichkeitstabelle, die Fehlerwahrscheinlichkeiten und Namen von Tochterknoten bezeichnet, die jeweiligen Resultaten der Testbedingung entsprechen; und
 - eine Such/Inferenzeinrichtung (3), die eine Fehlerursache des geprüften Gerätes nach Maßgabe des Suchbaums und der Testtabellen sucht und bestimmt;
- wobei wenigstens einer der Knoten wenigstens

drei Tochterknoten hat und die dem Knoten mit wenigstens drei Tochterknoten zugeordnete Testtabelle aufweist: eine Beschreibung von wenigstens zwei von der Detektiereinrichtung zu detektierenden Parametern; wenigstens zwei Testbedingungen in bezug auf die zwei von der Detektiereinrichtung detektierten Parameter; und eine Fehlerwahrscheinlichkeitstabelle, die Fehlerwahrscheinlichkeiten und Namen von Tochterknoten bezeichnet, die jeweiligen Resultatmustern der Testbedingungen entsprechen.

2. Fehlerdiagnoseeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Grundknoten des Suchbaums wenigstens drei Tochterknoten aufweist.

3. Fehlerdiagnoseeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Speichereinrichtung einen Hauptspeicher (1) und einen Hilfsspeicher (4) umfaßt und daß der Suchbaum in einen im Hauptspeicher (1) gespeicherten Hauptsuchbaum und in im Hilfsspeicher (4) gespeicherte Zweigsuchbäume unterteilt ist, wobei die Such/Inferenzeinrichtung (3) nach Bedarf einen Zweigsuchbaum in den Hauptspeicher (1) lädt.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

FIG. 1

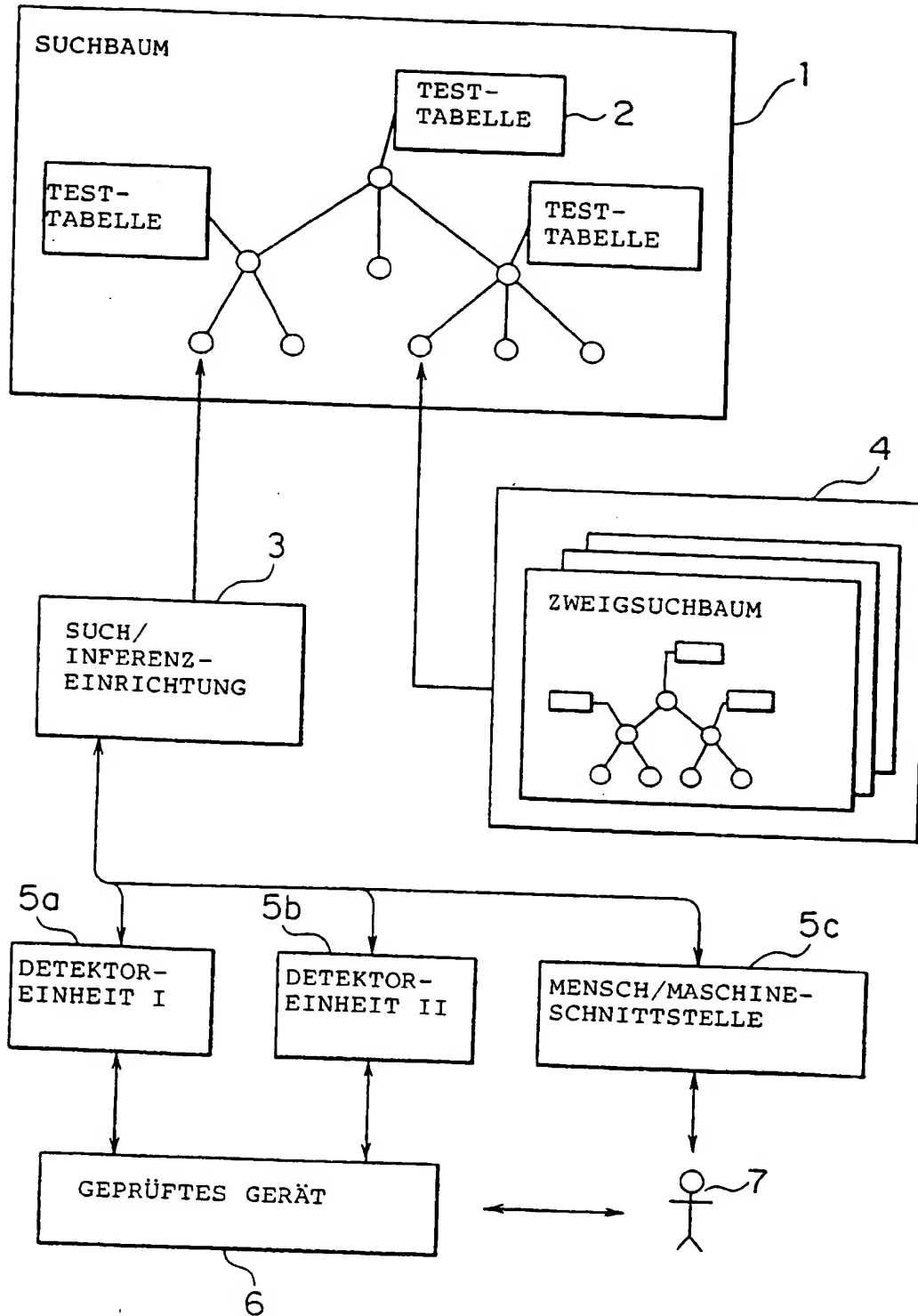


FIG. 2

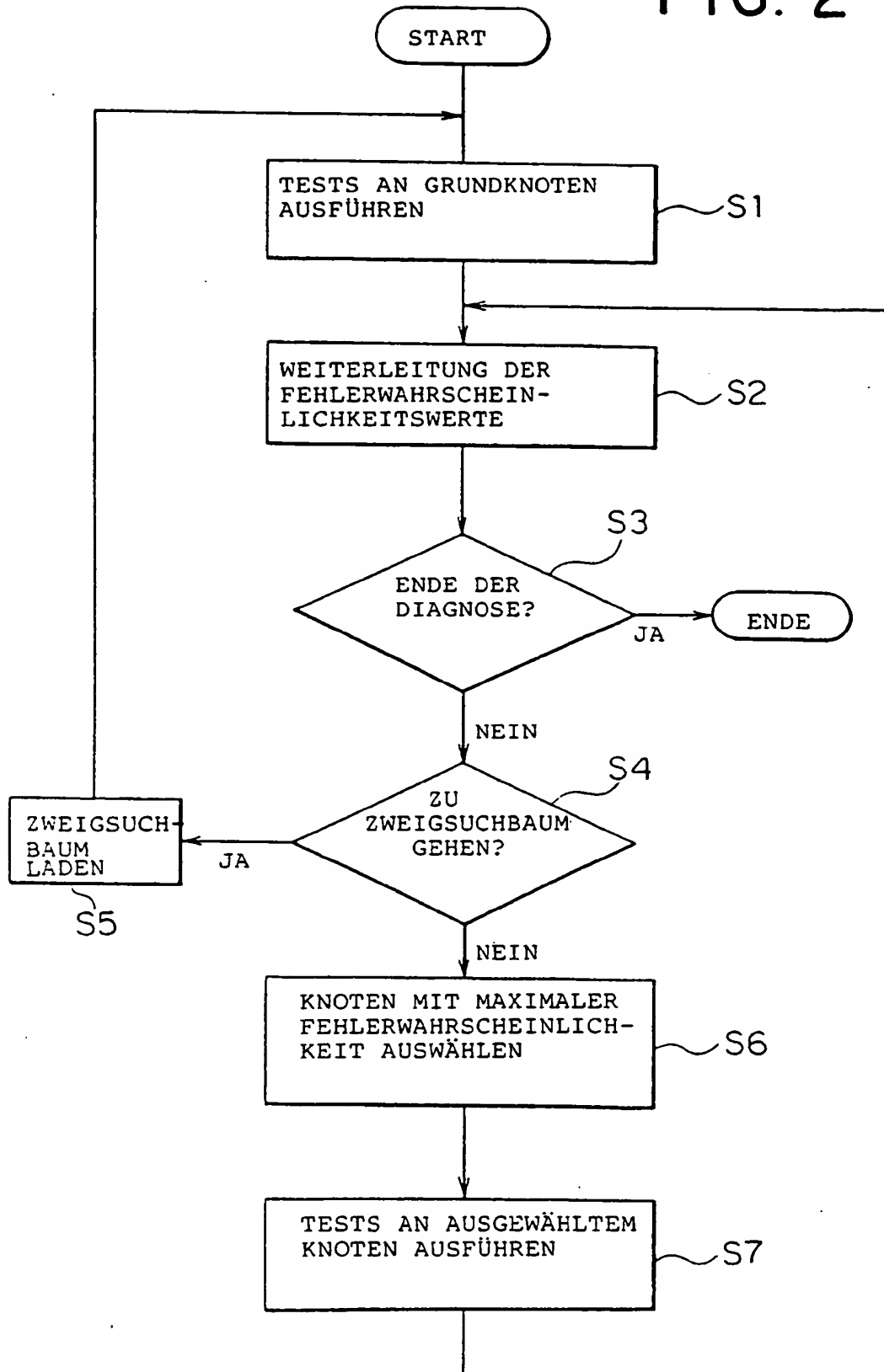


FIG. 3

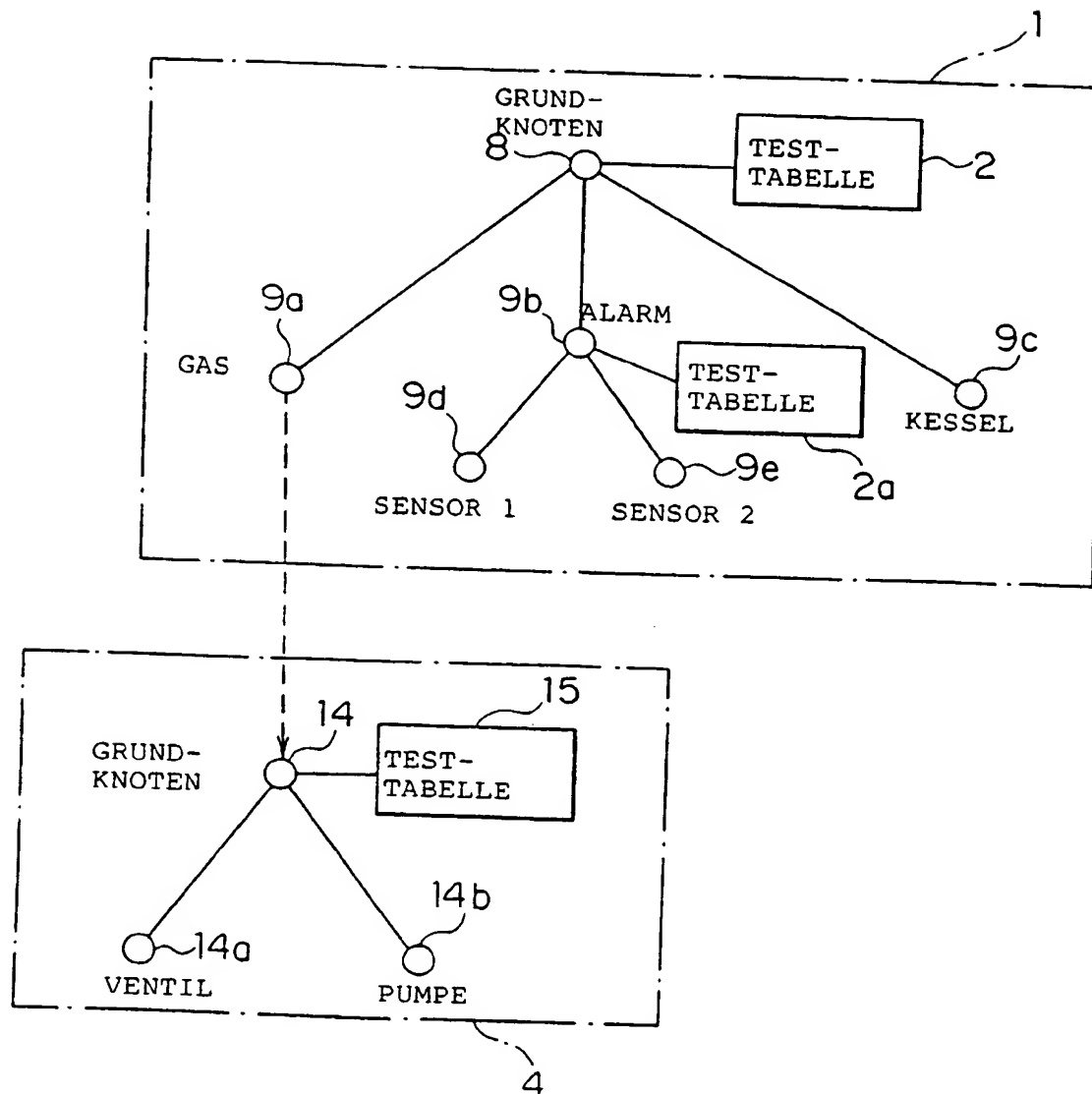


FIG. 4

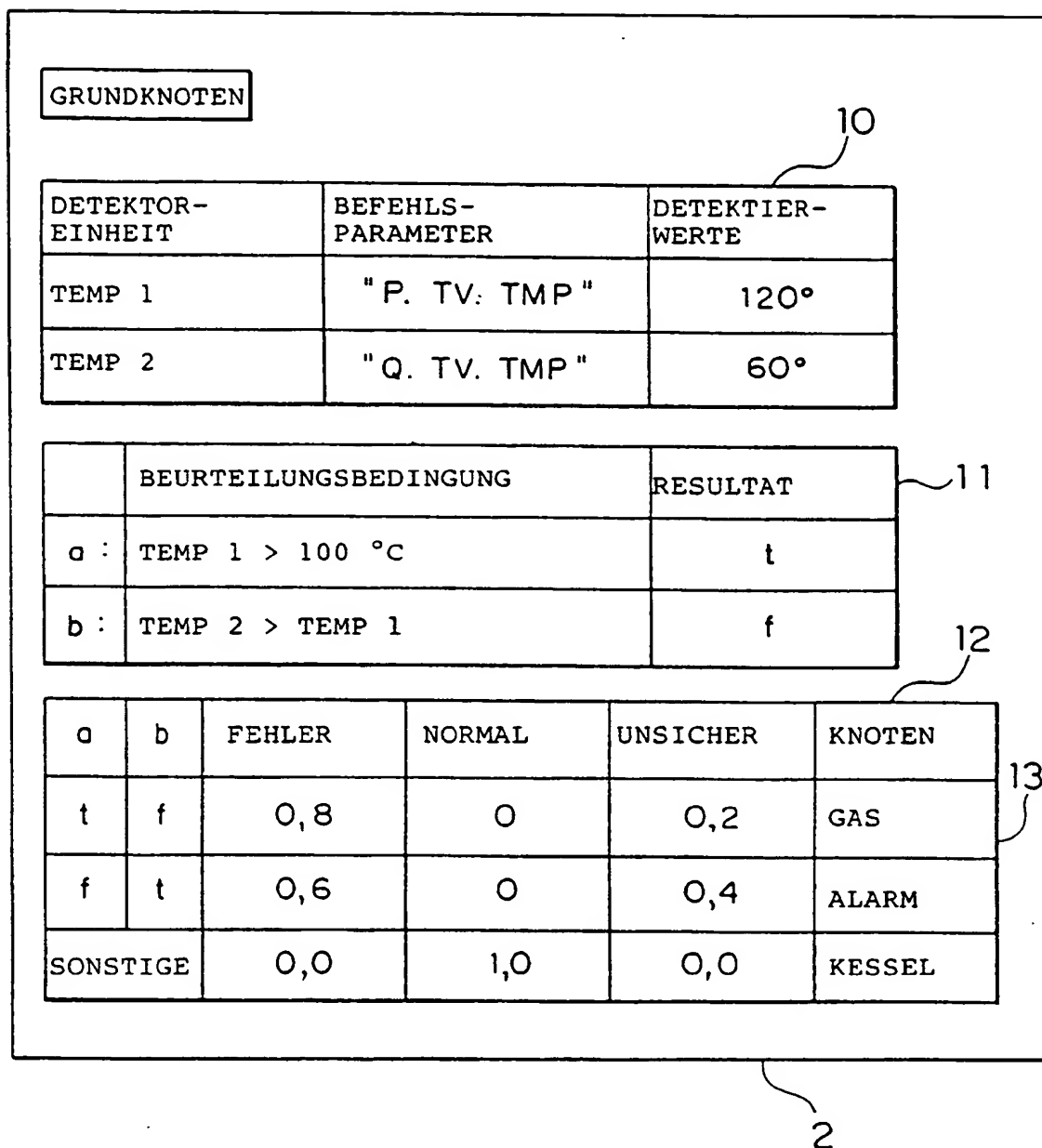


FIG. 5

